



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 36 34 421.4
㉒ Anmeldetag: 9. 10. 86
㉔ Offenlegungstag: 14. 4. 88

Behördeneigentum

DE 3634421 A1

⑦① Anmelder:
Föhse, Martin, 3000 Hannover, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ Einrichtung zur stetigen Überwachung einer relativen Verlagerung von Stator und Rotor einer elektrischen Maschine

Zur Überwachung von Verlagerungen zwischen Rotor und Stator einer elektrischen Maschine wird die Luftspaltweite mit akustischen Signalen im Ultraschallbereich gemessen. Es kann eine stetige Messung sowohl bei stillstehender wie bei drehender Maschine erfolgen.

Es werden zwei Meßeinrichtungen unter einem bestimmten Winkel am Umfang innerhalb des Maschinengehäuses so angebracht, daß Änderungen des radialen Abstandes zwischen Rotor und Stator, hervorgerufen durch eine umlaufende Exzentrizität oder durch eine statische Exzentrizität beliebiger Richtung, erkannt werden. Für die Erfassung einer umlaufenden Exzentrizität ist nur eine Meßeinrichtung erforderlich, da die Veränderung der Luftspaltweite am Umfang fortschreitet. Eine statische Exzentrizität kann sich jedoch senkrecht zur Meßrichtung einer Meßeinrichtung ausbilden, so daß für die sichere Erkennung mindestens zwei orthogonal angeordnete Meßeinrichtungen erforderlich sind.

Wird ein akustischer Wandler auf einer Seite der Maschine angebracht, lassen sich axiale Verlagerungen des Rotors gegenüber dem Maschinengehäuse messen.

DE 3634421 A1

Patentansprüche

1. Anordnung zur Messung und Überwachung von gegenseitigen Verlagerungen zwischen Rotor und Stator einer elektrischen Maschine, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung mit akustischen Signalen im Ultraschallbereich arbeitet.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Meßeinrichtungen unter einem Winkel von 90 Grad oder 120 Grad am Umfang innerhalb des Maschinengehäuses so angebracht sind, daß Änderungen des radialen Abstandes zwischen Rotor und Stator, hervorgerufen durch eine umlaufende Exzentrizität oder durch eine statische Exzentrizität beliebiger Richtung, erfaßt werden.
3. Anordnung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine dritte Meßeinrichtung diametral gegenüber einer der beiden anderen Meßeinrichtungen (180 Grad Versatz) am Umfang angeordnet wird, so daß auch bei exzentrischem Rotor die Luftspaltweite, die bei zentrischem Rotor vorläge, feststellbar ist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die akustischen Wandler in den Lücken zwischen den Polen einer Gleichstrommaschine befestigt sind.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die akustischen Wandler in entsprechenden Vertiefungen des Statorblechpaketes oder der Nutverschlußkeile einer Asynchronmaschine oder Synchronmaschine angeordnet sind.
6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der akustische Wandler auf einer Seite der Maschine so angebracht ist, daß axiale Verlagerungen des Rotors gegenüber dem Maschinengehäuse gemessen werden.
7. Anordnung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte zur Feststellung einer statischen Exzentrizität auf eine statische Abweichung bezüglich des Sollwertes und zur Feststellung einer dynamischen Exzentrizität auf eine sich periodisch mit der Rotorumdrehung ändernde Abweichung bezüglich des Sollwertes analysiert werden.
8. Anordnung nach den Ansprüchen 1 bis 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von zwei Meßeinrichtungen mit orthogonaler Anordnung der Meßeinrichtungen aus dem Verhältnis der Meßwertabweichungen der beiden Meßeinrichtungen sowie den Vorzeichen der Meßwertabweichungen vom Sollwert die räumliche Richtung der statischen Exzentrizität bestimmt wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung und Überwachung von gegenseitigen Verlagerungen zwischen Rotor und Stator einer elektrischen Maschine. Gemäß der Erfindung arbeitet die Meßeinrichtung mit akustischen Signalen im Ultraschallbereich.

Die relative Verlagerung von Stator und Rotor einer elektrischen Maschine kann verschiedene Ursachen haben, wie z. B. Lagerschäden, mechanische Beschädigung der Welle, Verlagerung der Verankerung vom Stator-Gehäuse oder von Stehlagerböcken, aber auch Fehler in Wicklungen, die zu unsymmetrischem magnetischen Zug führen.

Es sind Meßeinrichtungen bekannt, die zur Feststellung einer relativen radialen Verlagerung von Stator und Rotor mechanische Taster oder Fühler verwenden. Andere Meßeinrichtungen arbeiten mit kapazitiven oder induktiven Gebern zur Messung von Luftspaltänderungen, oder besonderen Meßwicklungen zur Erfassung von Exzentrizitätsfeldern wie in der deutschen Patentschrift 12 26 200 mit Zusatz 12 67 753 angegeben.

Meßeinrichtungen, die auf mechanischer Abtastung beruhen, sind konstruktiv aufwendig und erlauben aufgrund ihrer Schaltcharakteristik keine stetige Erfassung der gegenseitigen Lage von Stator und Rotor. Eine stetige Erfassung der Luftspaltweite läßt eine Früherkennung einer sich anbahnenden Verlagerung von Stator und Rotor zu und ermöglicht eine rechtzeitige Entscheidung über den weiteren Betrieb der elektrischen Maschine. Die stetige Überwachung des Luftspaltes ermöglicht beispielsweise eine Meßeinrichtung nach dem erwähnten Patent 12 26 200. Diese Meßeinrichtung arbeitet jedoch nur bei betriebsmäßig umlaufendem Rotor.

Kapazitive oder induktive Meßeinrichtungen erlauben zwar ebenfalls eine stetige Messung, jedoch ist die eindeutige Auswertung der ausgegebenen Signale, insbesondere bei umrichter gespeisten Maschinen, wegen der hohen Störspannungen nur mit wirtschaftlich unvertretbar hohem Geräteaufwand durchführbar.

Der Fortschritt der Erfindung besteht darin, daß eine stetige Messung der Luftspaltweite sowohl bei stillstehender wie bei drehender Maschine erfolgt, und mit einer weiteren Meßeinrichtung gleichen Arbeitsprinzips auch axiale Verlagerungen des Rotors gemessen werden können. Eine Störbeeinflussung akustischer Wandler ist durch magnetische Felder ausgeschlossen, gegen starke elektrische Felder ist eine Abschirmung leicht möglich. Wählt man für die akustischen Wandler Signalfrequenzen von etwa 200 kHz oder darüber, lassen sich evtl. auftretende Störspannungen in den Zuleitungen ausfiltern.

Die Entfernungsmessung mit Ultraschall beruht grundsätzlich auf der Auswertung der Laufzeit, die ein von einem Sender abgestrahltes Ultraschallsignal benötigt, bis es nach Reflexion am Meßobjekt an einem Empfänger eintrifft. Sender und Empfänger können mit je einem akustischen Wandler aufgebaut werden; üblicherweise arbeitet jedoch ein akustischer Wandler sowohl als Sender wie auch als Empfänger.

Bekannte praktische Ausführungen senden z. B. einen kurzen Ultraschallimpuls aus und messen direkt die Laufzeit bis zum Empfang dieses Impulses oder das Sendesignal ist frequenzmoduliert, so daß die Frequenzdifferenz zwischen Sende- und Empfangssignal ein Maß für die Objektentfernung ist oder es wird die Phasendifferenz zwischen Sende- und Empfangssignal ausgewertet.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden zwei Meßeinrichtungen unter einem Winkel von 90 Grad oder 120 Grad am Umfang innerhalb des Maschinengehäuses so angebracht, daß Änderungen des radialen Abstandes zwischen Rotor und Stator, hervorgerufen durch eine umlaufende Exzentrizität oder durch eine statische Exzentrizität beliebiger Richtung, erfaßt werden. Für die Erfassung einer umlaufenden Exzentrizität ist nur eine Meßeinrichtung erforderlich, da die Veränderung der Luftspaltweite am Umfang fortschreitet. Eine statische Exzentrizität kann sich jedoch senkrecht zur Meßeinrichtung einer Meßeinrichtung ausbilden, so daß für die sichere Erkennung zwei orthogonal ange-

ordnete Meßeinrichtungen erforderlich sind.

Je nach Art der elektrischen Maschine sollen die akustischen Wandler in den Lücken zwischen den Polen des Stators einer Gleichstrommaschine befestigt bzw. in entsprechenden Vertiefungen des Statorblechpaketes oder der Nutverschlußkeile einer Asynchron- oder Synchronmaschine angeordnet werden.

Ein Ausführungsbeispiel für den Einbau dreier Meßeinrichtungen in eine Gleichstrommaschine zeigt Fig. 1. Die Meßeinrichtungen (1) und (2) sind unter einem Winkel von 90 Grad an zwei Polen (4) und die Meßeinrichtung (3) unter einem Winkel von 180 Grad, bezogen auf Meßeinrichtung (1), an einem dritten Pol befestigt. Der Schall wird radial gegen den Rotor (5) abgestrahlt. Der Rotor liegt um das Maß ϵ exzentrisch in der Bohrung. Die Meßeinrichtungen liefern daher Abstandsmeßwerte s_1 , s_2 und s_3 , die vom Wert s_0 für die zentrische Lage des Rotors abweichen.

Weiterhin kann gemäß der Erfindung ein akustischer Wandler auf einer Seite der Maschine so angebracht werden, daß axiale Verlagerungen des Rotors gegenüber dem Maschinengehäuse gemessen werden.

Ein Ausführungsbeispiel für eine Asynchronmaschine zeigt Fig. 2. Auf einer Welle (6) sind das Rotorblechpaket (7) und ein Lüfter (8) montiert. Das Gehäuse (9) trägt das Statorblechpaket (10) und die Wicklung (11) sowie einen akustischen Wandler (12). Der Schall wird gegen die Stirnfläche des Rotors abgestrahlt und gestattet so die Messung axialer Verlagerungen.

Die Art der Exzentrizität kann aus dem zeitlichen Verhalten der Meßwerte ermittelt werden (Fig. 3). Nach der vorliegenden Erfindung können die Meßwerte zur Feststellung einer statischen Exzentrizität auf eine statische Abweichung s_{stat} vom Sollwert s_0 und zur Feststellung einer dynamischen Exzentrizität auf eine sich periodisch mit dem Rotordrehwinkel ändernde Abweichung s_{dyn} vom Sollwert analysiert werden. Die Sollwerte sind die Meßwerte der Luftspaltweite bei zentrischer Lage des Rotors in der Bohrung.

Gemäß der Erfindung kann bei Verwendung von zwei Meßeinrichtungen mit orthogonaler Anordnung der Meßrichtungen aus dem Verhältnis der statischen Anteile der Meßwertabweichungen der beiden Meßeinrichtungen sowie den Vorzeichen der statischen Anteile der Meßwertabweichungen vom Sollwert die räumliche Richtung der statischen Exzentrizität bestimmt werden.

Wegen der orthogonalen Meßrichtungen berechnet sich der Winkel φ , für den die Luftspaltweite ein Minimum wird, zu

$$\varphi = \arctan \frac{s_0 - s_1}{s_0 - s_2}$$

mit

s_1 = statischer Meßwertanteil der Meßeinrichtung 1,
 s_2 = statischer Meßwertanteil der Meßeinrichtung 2,
 s_0 = statischer Meßwertanteil bei zentrischer Rotorlage,

wobei $\varphi = 0$ für den Ort der Meßeinrichtung 2 gilt (Fig. 1). Da die Arcustangensfunktion über den Bereich 2π nicht eindeutig ist, müssen für die endgültige Bestimmung des Winkels φ noch die Vorzeichen von $(s_0 - s_1)$ und $(s_0 - s_2)$ berücksichtigt werden.

Die minimale Luftspaltweite s_{min} aufgrund der statischen Exzentrizität ergibt sich dann zu

$$s_{min} = s_0 - \sqrt{(s_0 - s_1)^2 + (s_0 - s_2)^2}$$

Der Meßwert s_0 kann bei fehlerfreier Maschine mit zentrischer Rotorlage aufgenommen und für die weitere Meßwertverarbeitung als Referenz gespeichert werden. Auf diese Speicherung kann verzichtet werden, wenn in weiterer Ausgestaltung der Erfindung eine dritte Meßeinrichtung diametral gegenüber einer der beiden anderen eingebaut wird. Ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 1. Die Meßeinrichtungen (1) und (3) sind unter einem Winkel von 180 Grad angeordnet, so daß gilt

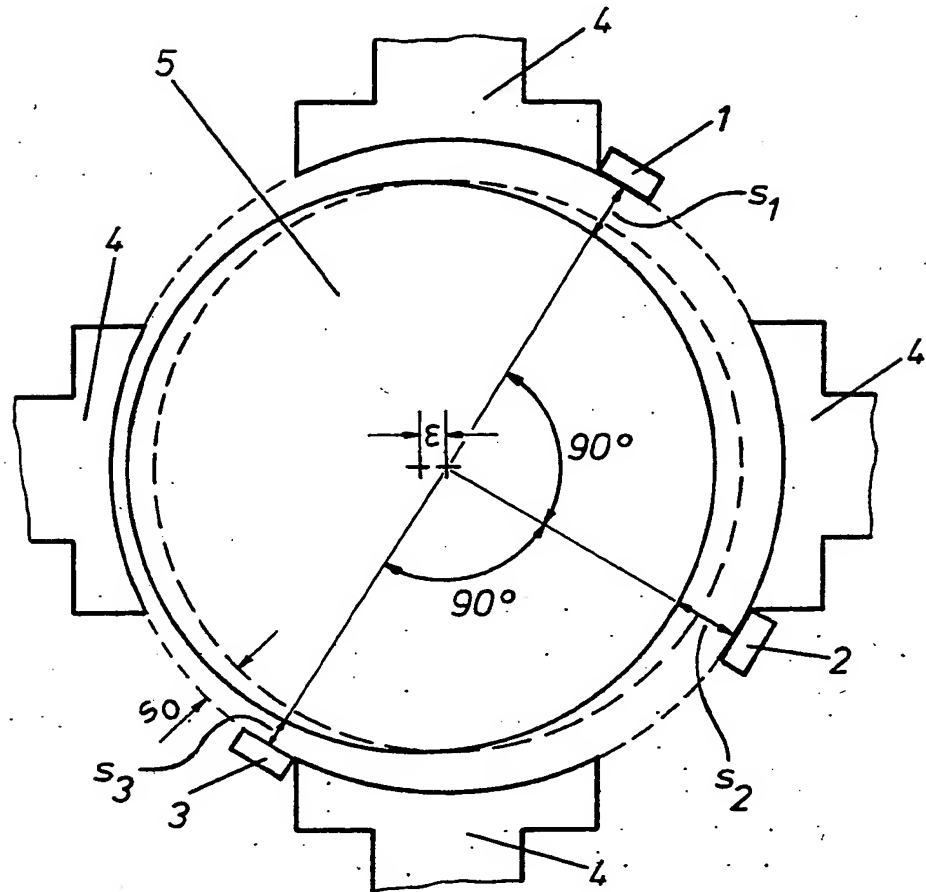
$$s_0 = 1/2 \cdot (s_1 + s_3)$$

mit s_3 = statischer Meßwertanteil der Meßeinrichtung (3).

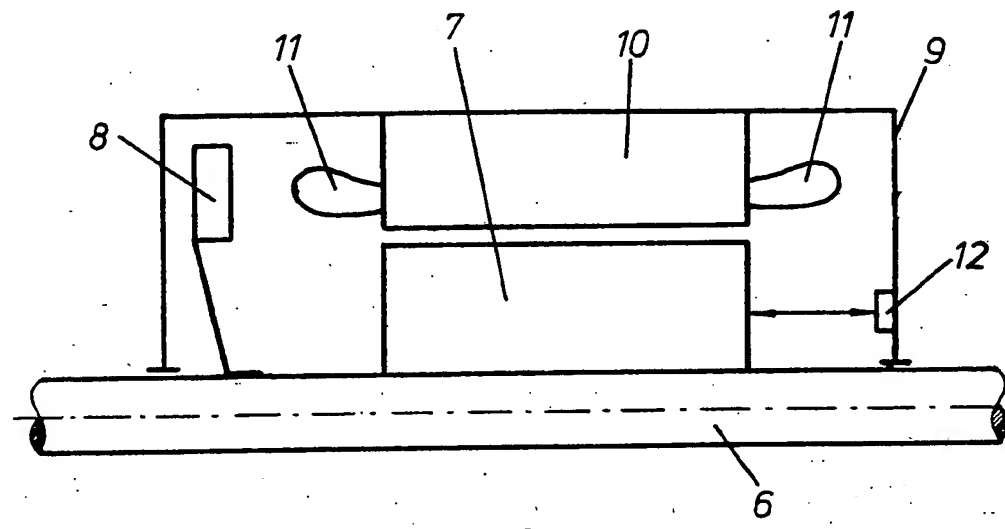
Die Algorithmen zur Auswertung der Signale lassen sich in bekannten analogen oder digitalen Schaltungen implementieren.

- Leerseite -

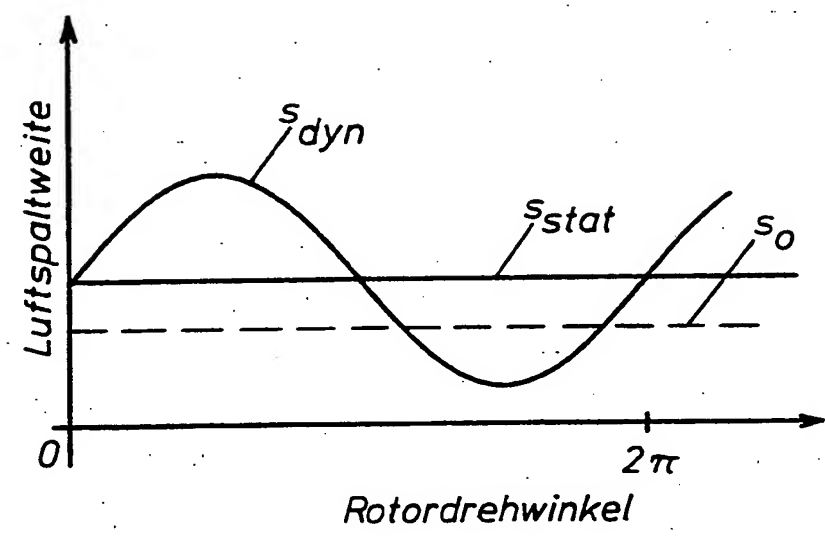
3634421



Figur 1



Figur 2



Figur 3